



Abdülşamet Aydın -Sera Gazı Hesaplaması

Giriş

Küresel ısınmayla birlikte oluşan iklim değişikliği, dünyanın bütün ülkelerini yakından ilgilendiren dikkatle ele alınması gereken önemli bir sorun niteliğindedir. Özellikle sanayi devrimi sonrasında yoğun üretim ve tüketim ile birlikte doğal süreç olarak ilerleyen iklim değişikliği, insan faaliyetleri ile hız kazanmıştır. Günümüzde ise etkileri artarak kendini bölgelere göre farklı şekillerde göstermeye başlamıştır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 5. değerlendirme raporuna göre, iklim değişikliğinin başlıca nedeninin % 95 oranında insan faaliyetleri olduğunu ortaya koyar. Yine aynı raporda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini önlemek için hâlâ çok geç olmadığı ve bunun için sera gazı emisyonlarını azaltmanın gerekliliğine vurgu yapılmaktadır (IPCC, 2014). Sera gazı emisyonlarının azaltılması ise birkaç ülkenin değil özellikle tarihi sorumluluğu fazla olan, gelişimlerini tamamlamış ülkelerin önemli yatırımları ile sağlanabileceği unutulmamalıdır.

Giderek etkisini daha fazla hissettiğimiz iklim değişiklikleri hayati öneme sahip birçok alanda etkisini göstermektedir. Bayraç ve Doğan (2016)'ya, göre iklim değişikliği en çok tarım, gıda üretimi, hayvancılık, balıkçılık, ormancılık, dış ticaret, turizm, sağlık, iklimlendirme, inşaat, lojistik ve finanssigortacılık, sektörlerini etkilemektedir. Burada kritik role sahip sektör birçok hususta olduğu gibi yine tarımdır. Milli gelir, istihdam, dış ticaret, tarıma dayalı sanayi, destekleme ve tüketim harcamaları içindeki payı tarım, insanların zorunlu gıda maddelerini üreten bir sektör olması nedeniyle, ekonomilerde önemli bir yere sahiptir (Bayraç ve Doğan, 2016).

Tarım sektörü iklim değişikliğinden olumsuz etkilenirken bir yandan da sera gazı emisyonları ile iklim değişikliğini tetiklemektedir (AÇA, 2017). Özellikle 2010 yılından sonra Türkiye'de tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları, büyük bir artış göstermiştir. Tarım sektöründe iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için uyum faaliyetlerinin yaygınlaştırılması kaçınılmazdır. Ancak Paris Anlaşması ile birlikte tüm sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de sera gazı emisyonlarının azaltılması beklenmekte ve buna bağlı olarak ülkeler ulusal katkı beyanlarında tarım sektörüne yer vermektedir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Süreci

İklim değişikliği sorununa karşı küresel boyutta tespitlerin ve alınacak önlemlerin belirlenmesi temeline oluşturmak üzere Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi/United Nations Framework Convention on Climate Change (BMİDÇS/UNFCCC) 1992 yılında kabul edilmiş ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Büyük ölçüde katılım sağlanan sözleşmede, 194 taraf bulunmaktadır. Sözleşmenin nihai amacı, atmosferdeki sera gazlarının yoğunluğunu, iklim üzerindeki insan kaynaklı tehlikeli etkiyi önleyecek bir düzeyde azaltmaktır. Burada kritik olan sözleşmenin net olarak iklim sisteminin, insan kaynaklı karbondioksit ve diğer sera gazı salımlarından etkilenebilecek, ortak bir varlık

olduğunun kabul edilmesidir. Sözleşmenin kritiği ise iklim sisteminin insan kaynaklı karbondioksit ve diğer sera gazı salınımlarından etkilenebileceğinin kabul edilmesidir.

BMİDÇS’nde yer alan 4 ve 12. maddeler, taraf ülkelerin sözleşmeyi uygulama süreçlerini ortaya koymaları için bildirim yapmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu bildirimler ile sözleşmenin karar alma organı olan taraflar toplantıları (COP) iklim değişikliği ile mücadele sürecinde bilgilendirilmektedir. Bununla birlikte diğer taraf ülkelerle bilgi ve tecrübe paylaşımları sağlanabilmektedir. Bu amaçla taraf ülkeler, BMİDÇS’e atmosferdeki sera gazı emisyon yoğunluğunu azaltmak için azaltım hedefleri ortaya koyulmuş olan politika ve önlemleri bildirmekle yükümlüdür.

Türkiye’nin de yer aldığı Ek-1 grubu ülkeler BMİDÇS bağlamında 3 farklı bildirimde bulunmakta ve bunlar;

- Yıllık olarak hazırlanan Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu ve tabloları □ Her iki yılda bir hazırlanan iki yıllık raporlar ve tabloları,
- Her dört yılda bir hazırlanan Ulusal Bildirimlerdir.

Türkiye’de sera gazı emisyonlarının raporlandığı “Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanter Raporu” BMİDÇS Madde 4.1a kapsamında hazırlanmakta ve her yıl düzenli olarak sekreteryaya sunulmaktadır. Ulusal Sera Gazı Envanteri, sera gazı emisyon ve yutakları ile ilgili sayısal bilgileri içeren, birçok standart ile oluşturulmuş elektronik olarak sunulan Ortak Raporlama Formatı (Common Reporting Format (CRF)) tabloları ile bu tabloların oluşturulmasında kullanılan metodolojilere, verilere, kurumsal yapıya, kontrol yöntemlerine, kalite ve kontrol yöntemlerini içeren detaylı bilgilerin yer aldığı Ulusal Envanter Raporu (National Inventory Report (NIR)) olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Ulusal Envanter Raporu

Taraf ülkeler ulusal sera gazı envanter raporlarını her yıl hazırlayarak belirli bir takvim içerisinde BMİDÇS’na sunmakla yükümlüdür. Türkiye’nin de yer aldığı Ek-1 ülkeleri 5 sektörde sera gazı salımlarını hesaplamakta ve raporlamaktadır. Bu sektörler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Enerji
- Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı
- Tarım
- Atık
- AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık)

Yıllık Sera Gazı Envanter raporlaması BMİDÇS’nin aldığı 24/CP.198 karar gereği uygulanmakta olup, bu kararda geçen bazı önemli hususlar şunlardır;

- ✓ Sera gazı envanter raporları TACCC (Şeffaflık, Tutarlılık, Karşılaştırılabilirlik, Bütünlük ve Doğruluk) prensipleri ile uyumlu olmalıdır.
- ✓ Envanter hesaplama ve tahminde baz alınan yıl 1990 olarak alınmalıdır. Geçiş ekonomisi ülkeleri baz alındığı yılı gerekçe sunarak farklı yıl alabilir.
- ✓ Hesaplama ve raporlamalarda IPCC 2006 kılavuzu kullanılmalıdır.
- ✓ Şeffaf biçimde açıklanmak ve bilimsel temele dayanmak kaydıyla Ek-1 ülkeleri kendi metodlarını kullanma hakkına sahiptirler.
- ✓ Anahtar kategori olarak belirlenen kategorilerde ülkeler IPCC 2006 da yer alan karar ağaçları (decision trees) tarafından önerilen yöntemi kullanmalıdırlar. Aksi halde bu durumu açıklamaları beklenir.

- ✓ Hesaplamalarda mümkün olduğu ölçüde ulusal emisyon faktörü (EF) ve aktivite verisi (AD) kullanılmalıdır. Eğer ulusal veriler yeterli değilse IPCC 2006 kılavuzunda yer alan geçerli ülke değerlerine katsayılar kullanılabilir.
- ✓ Tüm kategoriler için belirsizlik hesaplaması yapılmalıdır.
- ✓ NIR Raporunda, başta anahtar kategoriler olmak üzere, veri belirsizliğinin nedenleri ve seviyesi de açıklanmalıdır.
- ✓ Tutarlılık, hassasiyet ve bütünlüğü korumak kaydıyla yaklaşım veya yöntem değişikliklerinde yeniden hesaplama yapılmalıdır.
- ✓ Bazı durumlarda geçmişe ait aktivite verileri bazı yıllar için eksik olabilir. Bu durumlarda eksik veriler IPCC 2006 da verilen yöntemlerle tamamlanabilir.
- ✓ Envanter hesaplamalarının tümü kalite kontrol ve kalite güvencesinden (QA/QC) geçirilmelidir.

Mevcut yılın ulusal sera gazı envanteri 2 yıl sonra her yılın nisan ayında raporlanmaktadır. Yani 2020 yılına ait hesaplamaların ve açıklamaların yer aldığı envanter 2022 yılının nisan ayında Birleşmiş Milletlere gönderilmektedir. Hazırlanan envanter uzun süren bir gözden geçirme sürecinden sonra gerekli düzeltmeler ve açıklamalar yapılarak kabul edilmektedir. Gözden geçirme işlemi Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen “uzman havuzundan” belirlenen kişilerce yapılmaktadır. Bu gözden geçirme ekiplerine ERT (Uzman Gözden Geçirme Ekibi) adı verilmekte ve ekipler her sene Eylül-Ekim aylarında bir araya gelerek Ek-1 ülkelerinin sera gazı envanterlerini gözden geçirmektedir. Bu gözden geçirme öncesinde envanterler Birleşmiş Milletler Sekreteryasında eksiklik ve kaba hatalar yönünden değerlendirilmektedir ve bir rapor hazırlanarak hem taraf ülkeye hem de envanteri gözden geçirecek ekibe ulaştırılmaktadır. Bu rapora Sentez ve Değerlendirme Raporu (Synthesis and Assessment Report, S&A Report) adı verilmektedir (Serengil, 2018).

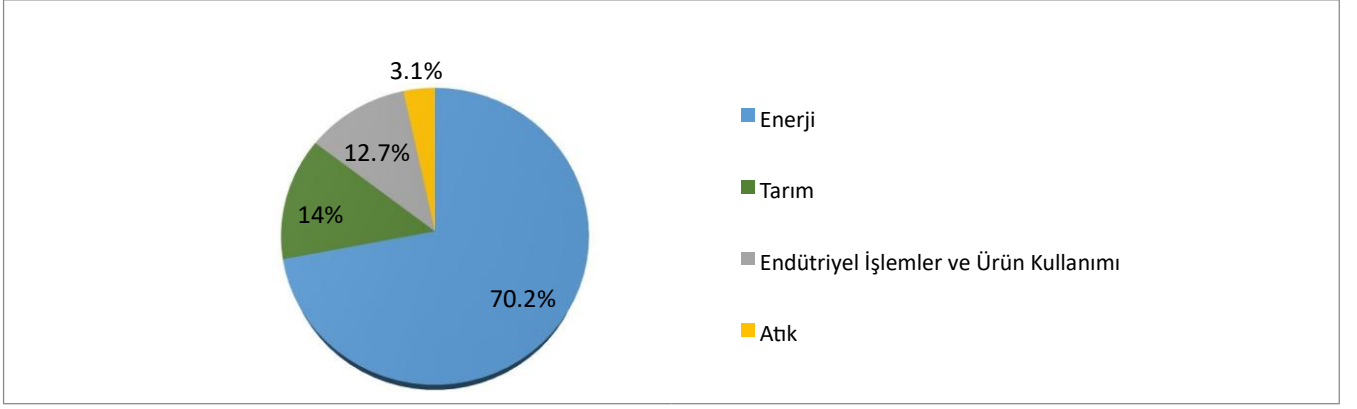
Yıllık olarak BM sekreteryasına gönderilen ulusal sera gazı envanteri (NIR) beraberinde gönderilen CRF tabloları ile uyumlu olmalıdır. CRF tabloları yukarıda ifade edilen sektörlerde hesaplanan emisyonların yer aldığı tablolardır. CRF tablolarından tarım sektörü açısından öneme sahip olanları; o Tarım sektörü özet tablosu o Enterik fermentasyon (CH₄) o Hayvansal gübre yönetimi (CH₄) o Hayvansal gübre yönetimi (N₂O) o Çeltik üretimi (CH₄)

- o Tarım topraklarından salımlar (N₂O)
- o Tarımsal anızların arazide yakılması (CH₄ ve N₂O) o Kireç, üre ve karbon içerikli gübrelerle yapılan uygulamalar sonucu gerçekleşen salımlar (CO₂).

IPCC tarafından, BMİDÇS kapsamında yapılacak sera gazı hesaplama ve raporlamaları için kılavuzlar geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Son olarak 2006 da kabul edilen AFOLU (tarım, orman ve arazi kullanımı) kılavuzu 2015 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Arazi kullanma sektöründe kılavuzların sürekli güncellenmesi gerekmektedir çünkü her kılavuzda birçok geliştirilmesi gereken eksik yön ve tutarsızlık bulunmaktadır. Sektörün doğası gereği yeni bulgu ve araştırma sonuçları ortaya çıkmakta bunların da kılavuzlara dahil edilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin 2020 yılı için hazırlanan Ulusal Envanter Raporuna (NIR) göre, toplam sera gazı emisyonları, AKAKDO sektörü dahil 466.9 Mt. CO₂-eşd. ve AKAKDO sektörü hariç olmak üzere 523.9 Mt. CO₂-eşd.'dir. Bu, geçen yıla kıyasla % 3.1 oranında bir azalışa, baz alınan yıl olan 1990 seviyesine kıyasla % 138.4 oranında bir artışı temsil etmektedir. AKAKDO hariç 2020 toplam sera gazı emisyonlarında CO₂ eşd. olarak % 70.2 ile enerji kaynaklı emisyonlar en büyük paya sahipken, tarım %14, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı % 12.7 ve atık % 3,1 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1).

Şekil 1. Sektörlere Ait Sera Gazı Emisyon Oranları (BMİDÇS, 2020)



Tarım sektöründe sera gazı emisyonlarına neden olan başlıca kaynaklar geviş getiren hayvanlar için enterik fermantasyon, tarımsal topraklarda yönetim ve hayvansal gübrenin yönetimidir. Tarımsal faaliyetler, CH₄ ve N₂O'nun başlıca kaynağıdır. BMİDÇS 2020'e göre toplam metan (CH₄) emisyonlarının % 61'i tarım, % 22.1'i atık ve % 19,5'i enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. Dünyada bu durum, metan (CH₄) emisyonlarının % 40'ı tarım, yüzde % 35'i enerji ve % 20'si atık şeklinde gerçekleşmektedir. Sektör içindeki kategorilerin ağırlıkları hakkında net bir görünüm vermek amacıyla aşağıdaki, Tablo 1'de 2020 yılı tarım sektörü sera gazı emisyon ve yüzde değerleri yer almaktadır.

Tablo 1. Tarım Sektörü Emisyonları (kilo ton (kt.) CO₂ eşd.) ve Kategorilere Göre Genel Yüzdeler (BMİDÇS, 2020)*

	CH ₄ (kt CO eşd.)	N ₂ O (kt CO eşd.)	CO ₂ (kt.)	Toplam	%
Toplam Tarım	39007	32491	1657	73155	100,00
Enterik Fermantasyon	34615	---	---	34615	47.3
Hayvansal Gübre Yönetimi	3999	5062	---	9060	12.4
Pirinç Üretimi	262	---	---	262	0.4
Tarım Toprakları	---	27389	---	27389	37.4
Anız Yakımı	132	41	---	173	0.2
Üre Uygulamaları	---	---	1657	1657	2.3

*BMİDÇS 2020 verileri kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tarım sektörü emisyonları 2020 yılında 1990 yılına kıyasla % 58,8 bir önceki yıla kıyasla 7,5 artarak 73,2 Mt. CO₂-eşd. olarak gerçekleşmiş olup toplam sera gazı emisyonlarının %14'ünden sorumludur. 2020 yılında Çizelge 1'de görüldüğü üzere tarım sektörü sera gazı emisyonlarının 34.615 Mt. CO₂-eşd ile % 47,3'ü enterik fermantasyondan, 27.389 Mt. CO₂-eşd. ile %37,4'ü tarımsal topraklardan, 9.060 Mt. CO₂-eşd. ile % 12.4'ü hayvansal gübre yönetiminden, 1.657 Mt. CO₂-eşd. ile % 2.3'ü üre uygulamasından ve 0.435 Mt. CO₂-eşd. ile %0.6'ü pirinç üretimi ve anız yakılmasından kaynaklanmaktadır.

Tarım Sektöründe Sera Gazı Emisyon Hesaplamaları

Sera gazı (GHG) emisyon envanterleri, Paris İklim Anlaşması kapsamında belirlenen emisyon azaltma hedeflerine ulaşma konusunda ne kadar ilerleme kaydettiklerini ölçmelerine olanak sağlayan, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir araçtır. Bir envanter tüm insan kaynaklı emisyonları ve sera gazlarının tutumu ile ilgili bilgileri açıklar.

Ülkelerin sera gazı emisyon envanterlerini hazırlayabilmelerinde yol gösterici olarak 2006 IPCC kılavuzu, tahmin ve antropojenik sera gazı emisyonları ve tutumlarının ulusal envanter raporlama yardımcı olmak için tasarlanmıştır (IPCC, 2006). IPCC Rehberleri IPCC tarafından 2006 yılında yayınlanmıştır. Ulusal Envanter Raporlarının hazırlanmasında kullanılmak üzere 5 cilt bulunmaktadır (IPCC, 2006). Bunlar:

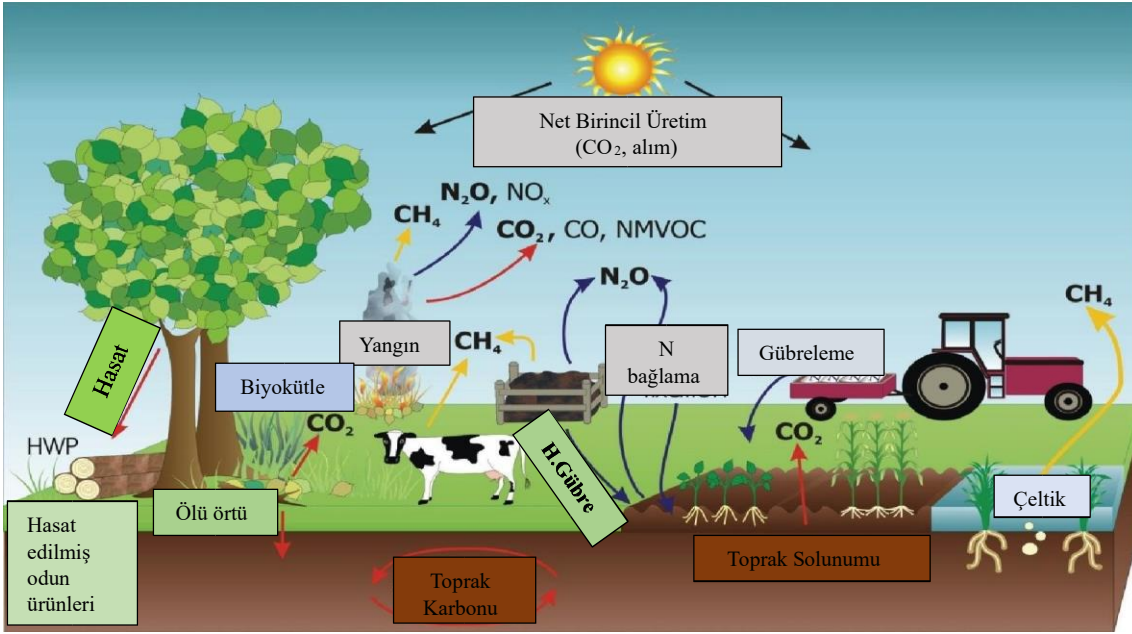
- Cilt 1- Genel rehber ve raporlama,
- Cilt 2- Enerji,
- Cilt 3- Endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı, □ Cilt 4- Tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı, □ Cilt 5- Atık'tır.

Her sektör için uygun hesaplama seviyesi yaklaşımını belirlemede IPCC 2006 rehberinde aşağıdaki kriterler kullanılmaktadır. Buna göre:

1. Hesaplama seviyesi: IPCC 2006 rehberinde verilen denklemlerin ve varsayılan (default) parametre değerlerinin en basit şekilde kullanılması üzere tasarlanmıştır. Ülkeye özgü aktivite verileri gereklidir ancak 1.hesaplama seviyesi için genellikle dünya çapında mevcut aktivite verileri tahmin kaynakları (tarımsal üretim istatistikleri, gübre kullanımı, hayvancılık varlık verileri, vb.) kullanılabilir. Ancak bu veriler genellikle kaba sonuçlar verebilmektedir.
2. Hesaplama seviyesi: 2. hesaplama seviyesi, 1. hesaplama seviyesi ile aynı metodolojik yaklaşımı kullanabilir, ancak ülkeye ya da bölgeye özgü veri temeline dayalı çok önemli hayvan varlığı ya da hayvancılık kategorileri içeren emisyon ve stok değişim faktörlerini uygular. Ülke tanımlı emisyon faktörleri ülkenin içerisinde olduğu iklim bölgeleri ve hayvancılık kategorileri için daha uygundur.
3. Hesaplama seviyesi: Bu seviyede, ulusal koşulları ele almak üzere uyarlanmış, zamanla tekrarlanan (izlenen) ve yüksek aktivite verilerine dayanan ve alt ulusal seviyede ayrıştırılmış modeller ve envanter ölçüm sistemleri de dahil olmak üzere daha yüksek seviyelerdeki yöntemleri kullanılmaktadır.

Tarım ve arazi kullanımında, solunum, enterik fermantasyon, nitrifikasyon ve denitrifikasyon, çürüme ile birlikte yanma gibi sera gazı akışlarını etkileyen faktörlerdir. Bu faktörler aynı zamanda ekosistem süreçlerini de etkiler (Şekil 2). Bu süreçler; mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvan aktivitesi sonucu biyolojik ile yanma, ıslanma ve akış gibi fiziksel süreçlerden dolayı oluşan azot ve karbon dönüşümlerini içerir. Atmosferde küresel ısınmaya neden olan ana sera gazları sırasıyla CO₂, CH₄ ve N₂O'dur. Atmosfer ve ekosistemler arasındaki CO₂ oluşumları, bitki fotosentezi aracılığıyla alımlar ve solunum, çürüme ve organik maddenin yanması gibi işlemler ile kontrol edilir. Metan (CH₄), organik maddenin yanması, yanmanın tam olarak gerçekleşmemesi ve geniş getiren hayvanlarda enterik fermantasyon aracılığıyla, tarımsal topraklar ve hayvansal gübre depolamadaki oksijensiz koşullarda oluşmaktadır. Ekosistemlerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon sonucu bir yan ürün olarak N₂O açığa çıkmaktadır. CO₂, CH₄ ve N₂O oluşumlarında yanmadan ve topraklardan kaynaklanan diğer ilgili gazlar NH₃, NO_x, NMVOC ve CO'dur. Bu gazlar atmosferde sera gazlarının oluşumuna öncülük sağlarlar (IPCC, 2006).

Şekil 2. Tarım Sektörü Sera Gazı Emisyon Kaynakları ve Süreçleri (IPCC, 2006)*



*IPCC 2006 verileri kullanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Hayvancılık, enterik fermantasyondan metan (CH_4) emisyonuna ve hayvan gübresi yönetim sistemlerinden hem CH_4 hem de nitroz oksit (N_2O) emisyonuna neden olabilir. Büyükbaş hayvanlar yüksek popülasyonları nedeniyle birçok ülkede önemli bir CH_4 kaynağıdır ve geniş getirme sindirim sistemleri nedeniyle yüksek CH_4 emisyon oranına neden olurlar. Gübre yönetiminden metan emisyonları bağırsak emisyonlarından daha az olma eğilimindedirler, bununla beraber en yüksek emisyon gübrenin sıvı bazlı sistemlerle işlem gördüğü sınırlandırılmış hayvan besiciliği ile alakalıdır. Gübre yönetiminden nitroz oksit emisyonları kullanılan yönetim sistemlerine göre önemli ölçüde farklılık gösterirler ve sistemde görülen nitrojen kaybının diğer şekillerine bağlı olarak dolaylı emisyon da ortaya çıkabilir.

Enterik Fermantasyon ve Hayvansal Gübre Kullanımı Emisyon Hesaplamaları

Hayvancılıktan CH_4 ve N_2O emisyonları tahmini hayvancılık alt kategorilerinin, yıllık popülasyonların ve daha yüksek seviye yöntemleri için, besin alımı ve karakterizasyonu tanımlamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvancılık popülasyonu ve besin karakterizasyonu gibi hayvancılık alt kategorilerini tanımlamak, popülasyon bilgisini geliştirmek ve besinleri kategorize etmek için kullanılan prosedürler, aktivite verimizi oluşturmak için gereklidir.

Hayvancılık kategorisini ve alt kategorilerini tanımlama adımları;

- 1- Hayvancılık türünün tanımlanması: İlk olarak birden fazla emisyon kaynağı kategorisine katkı sağlayan hayvancılık türleri listelenmelidir. Bu türler tipik olarak: büyükbaş hayvanlar, manda, koyun, keçi, domuz, at, deve, katır/eşek ve kümes hayvanlarıdır.
- 2- Emisyon tahmin yönteminin belirlenmesi: Enterik fermantasyonu ve gübre yönetiminin kaynak kategorileri için, her türün emisyon tahmin yöntemini, o kaynak kategorisi için, belirlemek gerekmektedir. Örneğin, sığır, manda ve koyundan enterik fermantasyonu emisyonlarının her biri, emisyonların eğilim ya da seviyelerinin Seviye 1 ya da Seviye 2 emisyon tahminleri için emisyon katsayılarının destekleyip desteklemediklerinin değerlendirilmesi için incelenmelidir. Benzer şekilde, büyükbaş hayvanlar, Küçükbaş hayvanlar, manda ve kümes hayvancılığında gübre yönetimi metan emisyonları Seviye 1 ya da Seviye 2 emisyon tahmininin uygun olup olmadığının belirlenmesi için incelenmelidir.
- 3- Her hayvancılık türü için gerekli en ayrıntılı karakterizasyonun tanımlanması: Her kaynak kategorisi altındaki her tür ile ilgili değerlendirmelere dayanarak, emisyon tahminini desteklemek için

gerekli en ayrıntılı karakterizasyon tanımlanmalıdır. Eğer enterik fermantasyonu ve gübre yönetimi kaynakları Seviye 1 yöntemleriyle hesaplanacak ise genel olarak, "Temel" karakterizasyon tüm ilgili kaynak kategorileri arasında kullanılabilir. Eğer enterik fermantasyonu ya da gübre için Seviye 2 yöntemi kullanılmışsa ilgili kaynaklar arasındaki emisyonları tahmin etmek için gelişmiş bir karakterizasyon kullanılmalıdır.

Seviye 1: Hayvancılık popülasyonları için temel karakterizasyon; Seviye 1 için temel karakterizasyon, çoğu ülkedeki hayvancılık türü için yeterli görünmektedir. Bu yaklaşım için, emisyon tahminlerini desteklemek amacıyla aşağıdaki hayvancılık karakterizasyonu verilerini toplamak iyi uygulama olarak kabul edilmektedir.

Hayvancılık türleri ve kategorileri: Eğer bu kategoriler ülkeye özgü ise, varsayılan emisyon değerlerine sahip tüm hayvancılık popülasyonlarının tam bir listesi oluşturulmalıdır (Örn. süt inekleri, diğer büyükbaş hayvanlar, geyik, atlar, tavşanlar, katırlar ve eşekler, domuz ve kümes hayvanları). Eğer veri mevcutsa, daha ayrıntılı kategoriler kullanılmalıdır. Örneğin, eğer kümes hayvanı popülasyonu daha fazla alt bölüme ayrılırsa (Örn. yumurtacı, et tavuğu, hindiler, ördekler ve diğer kümes hayvanları) daha isabetli emisyon tahminleri yapılabilir çünkü bu farklı popülasyonlar arasındaki atık özellikleri önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir.

Yıllık popülasyon: Resmi ulusal istatistikler ya da endüstri kaynaklarından alınan popülasyon verileri kullanılmalıdır. Ulusal veriler mevcut değilse Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verileri kullanılabilir. Mevsimsel doğum ve kesimler popülasyonun yılın değişik zamanlarında artmasına ya da azalmasına neden olabilir; popülasyon rakamlarının da bu doğrultuda düzenlenmesi gerekir. Yıllık popülasyonu tahmin etmek üzere kullanılan yöntemi, popülasyon verisinin ulusal istatistik ajanslarından ya da diğer kaynaklardan alınmış orijinal haline yapılan her türlü değişikliği de kapsayacak şekilde belgelemek önemlidir.

Yıllık ortalama popülasyonlar, mevcut verilere ve hayvancılık popülasyonunun niteliğine bağlı olarak çeşitli şekillerde tahmin edilir. Statik hayvancılık popülasyonlarının (Örn. süt inekleri, damızlık domuz, yumurtlayanlar) olduğu durumlarda, yıllık ortalama popülasyonu tahmin etmek tek seferlik hayvan envanter verisini toplamak kadar kolay olabilir. Bununla beraber, artan popülasyonlar için (Örn. et tavuğu, hindiler, sığır ve domuz gibi et hayvanları) yıllık ortalama popülasyonları tahmin etmek daha fazla değerlendirmeyi gerektirmektedir. Büyüyen bu popülasyonlar içerisindeki çoğu hayvan tüm yılın sadece bir kısmında canlı kalmaktadır. Hayvanlar insanların tüketimi için kesilmeleri ya da doğal sebeplerle ölmelerine bakılmaksızın popülasyon içerisine dahil edilmelidirler. Eşitlik-1 ile yıllık ortalama hayvancılık popülasyonunu tahmin etmektedir.

$$\begin{aligned} & \text{Eşitlik 1} \\ & \text{Yıllık Ortalama Popülasyon} \\ & = \text{Gün}_{\text{canlı}} * \left(\frac{\text{NAPA}}{365} \right) \end{aligned}$$

Burada:

AAP = Yıllık ortalama popülasyon

NAPA = Yıllık üretilen hayvan sayısı

Gün_{canlı} = Canlı Gün Sayısı

Et tavukları genel olarak kesimden önce yaklaşık 60 gün büyütülür. Yıllık ortalama popülasyonu yıl içerisinde büyüyen ve kesilen kuşlar olarak tahmin etmek, popülasyonu olduğundan çok değerlendirmeye neden olacaktır; çünkü bu durumda her kuşun 365 gün yaşadığı varsayılmaktadır. Bunun yerine yıllık ortalama popülasyon, hayvan sayısının her yılın büyüme dönemlerine bölümüyle tahmin edilmelidir.

Örnek 1: 100000 tavuk üretim kapasitesi için emisyon hesabı yapacağımız popülasyon sayısı şu şekilde elde edilmektedir: Yıllık ortalama popülasyon = 60 gün X 100000/365 gün/yıl = 16438 tavuk

Süt inekleri ve süt üretimi: Süt inekleri popülasyonu diğer büyükbaş hayvanlardan ayrı olarak tahmin edilmektedir. Süt inekleri bu yöntemde, insan tüketimi için ticari boyutlarda süt üreten yetişkin büyükbaş hayvanlar olarak tanımlanmaktadır. Süt ineklerinin ortalama süt üretimi ile ilgili veriler de gereklidir. Süt üretimi verileri, Seviye 2 yöntemi kullanılarak, bağırsak fermantasyon için bir emisyon faktörünü tahmin etmede kullanılırlar. Ülkeye özgü veri kaynakları tercih edilir ama FAO verileri de kullanılabilir. Bu veriler her süt ineklerinden her yıl elde edilen tüm taze sütün kilogramı olarak ifade edilir. Eğer iki ya da daha fazla süt ineği kategorisi tanımlanırsa, her kategori için sığır başına ortalama süt üretimi gerekmektedir.

Seviye 2: Hayvancılık popülasyonları için gelişmiş karakterizasyon; Seviye 2 hayvancılık karakterizasyonu şu konularda ayrıntılı bilgi gerektirmektedir:

Hayvancılık alt kategorileri tanımlamaları;

Seviye 1 uyarınca yıllık popülasyon tahminini de dikkate alarak, alt kategorileriyle hayvancılık popülasyonu ve her alt kategorideki tipik hayvanlar için besin alımı tahminleri yapılır. Seviye 2 karakterizasyon yöntemi, enterik fermantasyondan metan üretimini tahmin etmede kullanılması amacıyla besin alımının daha doğru tahminini desteklemek için hayvanları, hayvan verimliliğini, besin kalitesini ve yönetim ortamlarını tanımlamak için uygulanır. Aynı besin alımı tahminleri, gübre yönetiminden CH₄ ve N₂O emisyonlarının doğruluğu ve tutarlılığını iyileştirmek amacıyla birbiriyle uyumlu gübre ve nitrojen atım oranları tahminlerini elde etmek için de kullanılmalıdır.

Hayvancılık popülasyonlarında her türü yaşına, üretim şekline ve cinsiyetine göre alt kategorilere ayırmak iyi uygulamadır. Bunu yapmak için temsili hayvancılık kategorileri Tablo 2'de gösterilmektedir. Daha fazla alt kategori de mümkün olmaktadır.

Tablo 2. Örnek Hayvancılık Kategorileri (IPCC, 2006)*

Anahtar Kategoriler	Alt Kategoriler
Yetişkin Süt İneği ya da Yetişkin Süt Mandası	<ul style="list-style-type: none">En az bir kere yavrulmuş yüksek üretimli inek ya da mandalardır ve öncelikle süt üretimi için kullanılırlar.En az bir kere yavrulmuş düşük üretimli inek ya da mandalardır ve öncelikle süt üretimi için kullanılırlar.
Diğer Yetişkin Büyükbaş hayvanlar ya da Yetişkin Süt Vermeyen Manda	Dişiler: <ul style="list-style-type: none">Et için yavrulaması amacıyla kullanılan ineklerBirden fazla amaçla kullanılan inekler: süt, et, çeki Erkekler:Öncelikle üreme amaçlı kullanılan boğalarÖncelikle çeki kuvveti için kullanılan tosunlar
Büyüyen Sığır ya da Büyüyen Manda	<ul style="list-style-type: none">Sütten kesilme öncesi danalarSüt düvesi değişimiSütten kesme sonrası büyüyen/semiren sığır ya da manda%90'dan fazla konsantre içeren gıda ile besihanedeki beslenmiş sığır
Yetişkin Dişi Koyunlar	<ul style="list-style-type: none">Üreme ve yün üretimi için yavrulayan koyunlarEsas amacı ticari süt üretimi olan süt veren dişi koyunlar
Diğer Yetişkin Koyunlar (1 yaşından büyük)	<ul style="list-style-type: none">Daha fazla alt kategori önerilmemektedir

Büyüyen Kuzular	<ul style="list-style-type: none"> • Kısırlaştırılmamış erkekler • Kısırlaştırılanlar • Dişiler
Tavuklar	<ul style="list-style-type: none"> • Et üretimi için yetiştirilen tavukları • Gübrenin kuru sistemlerde kullanıldığı yumurta üretimi için yetiştirilen tavuklar (Örn. çok katlı kümesler) • Gübrenin yaş sistemlerde kullanıldığı yumurta üretimi için yetiştirilen tavuklar (Örn. lagünler) • Yumurta ve et için yetiştirilen serbest dolaşimli tavuklar
Hindiler	<ul style="list-style-type: none"> • Sınırlanmış sistemlerde hindi yetiştiriciliği • Sınırlanmış sistemlerde et üretimi amacıyla hindi yetiştiriciliği • Et için yetiştirilen serbest dolaşimli hindiler
Ördekler	<ul style="list-style-type: none"> • Yavruleyen ördekler • Et üretimi için yetiştirilen ördekler
Diğerleri	<ul style="list-style-type: none"> • Develer • Katır ve eşekler • Lamalar, Alpakalar • Yün veren hayvanlar • Tavşanlar • Atlar • Geyikler • Deve kuşları • Kazlar

*IPCC 2006 verileri kullanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Tanımlanan her örnek hayvancılık kategorisi için aşağıda yer alan verilere ihtiyaç duyulmaktadır:

1- Yıllık ortalama popülasyon

2- Ortalama günlük besin alımı (megajul (MJ) ve/veya kg cinsinden günlük kuru madde), aşağıdaki genel veriler her örnek hayvancılık kategorisi için besin alımını tahmin etme amacıyla toplanmalıdır:

- ❖ Ağırlık (kg);
 - ❖ Ortalama günlük ağırlık kazanımı (kg)
 - ❖ Beslenme durumu: sınırlandırma, otlama, otlak durumları;
 - ❖ Günlük süt üretimi (kg/gün) ve yağ miktarı (%)
 - ❖ Günlük gerçekleştirilen ortalama iş miktarı (saatler gün);
 - ❖ Bir yıl içerisinde yavruleyen dişilerin yüzdesi;
 - ❖ Yün büyümesi,
 - ❖ Yavru sayısı ve
 - ❖ Besin sindirilebilirliği (%)

3- Metan çevirim faktörü (metana dönüşen besin enerjisinin yüzdesi).

Metan, karbonhidratların, kan dolaşımına emilim için, mikro-organizmalar tarafından basit moleküllere ayrıldığı bir sindirim süreci olan bağırsak fermantasyonun bir yan ürünü olarak ot oburlar tarafından üretilir. Salınan metan miktarı, hayvanın sindirim sistemi, yaşına, kilosuna ve tüketilen besinin kalitesi ve miktarına bağlıdır. Geviş getiren hayvanlar (Örneğin; büyükbaş hayvanlar ve koyun) metanın ana kaynakları iken geviş getirmeyen hayvanlar (Örneğin; domuz ve at) tarafından da orta derece miktarda

üretilmektedir. Enterik fermantasyon sonucu açığa çıkan metanın hesaplanması sırayla izlenecek 3 adımda gerçekleştirilebilir:

Adım 1: Hayvancılık popülasyonunu alt gruplara bölünecek ve her alt grubu, Bölüm 4.3’de belirtildiği şekilde nitelendirilecek.

Adım 2: Her yıl için hayvan başına ve metanın kilogram tutarı bazında her alt grup için emisyon faktörleri hesaplanacak. Ülkeye özgü emisyon faktörü olmadan yapılacak hesaplamalarda IPCC tarafından geliştirilen ve Tablo 3’de verilen büyükbaş hayvanlar için enterik fermantasyon emisyon faktörleri kullanılmalıdır. Tipik bölgesel koşullara göre çeşitli emisyon faktörleri gösterilmektedir.

Tablo 3’de gösterilen varsayılan emisyon faktörleri, anlatılan her bölgedeki emisyon oranlarını genel olarak temsil etse de, her bölgede emisyon faktörleri farklılık göstermektedir. Süt ineklerinin emisyon oranları için hayvan büyüklüğü ve süt üretimi önemli belirleyicilerdir. Daha düşük üretim seviyeleri olan nispeten küçük süt inekleri Asya, Afrika ve Hindistan alt kıtasında bulunmaktadır. Daha yüksek üretim seviyeli, nispeten büyük süt inekleri ise Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’da bulunmaktadır.

Tablo 3. Büyükbaş Hayvanlar İçin Seviye 1 Enterik Fermantasyon Emisyon Faktörleri (IPCC, 2006)*

Bölgesel Özellikler	Sığır Kategorisi	Emisyon faktörü (kg CH ₄ hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹)	Açıklamalar
Kuzey Amerika	Süt	128	Ortalama süt üretimi 8400 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹
	Diğer Büyükbaş	53	
Batı Avrupa	Süt	117	Ortalama süt üretimi 6000 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹ .
	Diğer Büyükbaş	57	
Doğu Avrupa	Süt	99	Ortalama süt üretimi 2550 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹ .
	Diğer Büyükbaş	58	
Okyanusya	Süt	90	Ortalama süt üretimi 2200 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹ .
	Diğer Büyükbaş	60	
Latin Amerika	Süt	72	Ortalama süt üretimi 800 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹
	Diğer Büyükbaş	56	
Asya	Süt	68	Ortalama süt üretimi 1650 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹
	Diğer Büyükbaş	47	
Afrika ve Orta Doğu	Süt	46	Ortalama süt üretimi 475 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹
	Diğer Büyükbaş	31	
Hindistan Alt Kıtası	Süt	58	Ortalama süt üretimi 900 kg hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹
	Diğer Büyükbaş	27	

*IPCC 2006 verileri kullanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Ülkeye özgü emisyon faktörü her örnek hayvancılık kategorisi için ihtiyaç duyulan verilerin elde edilmesi ile ortaya çıkarılabilmektedir. Ulusal envantere tarım sektöründe sadece sığırlarda metan emisyon faktörleri ulusal değer olarak hesaplanmakta ve kullanılan emisyon faktör değerleri Tablo 4’de gösterilmektedir.

Tablo 4. Büyükbaş Hayvanlar İçin Enterik Fermantasyon Kullanılan Ulusal Emisyon Faktörleri (BMİDÇS, 2020)*

Sığır Kategorisi	Emisyon faktörü (kg CH ₄ hayvan ⁻¹ yıl ⁻¹)	Açıklama
Süt Sığırları	82.1	İlgili kurumlardan, uzman görüşlerinden ve değerlendirmelerin neticesinde hesaplanmış değerdir.
Diğer Sığırlar	48	

*Veriler kullanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Tablo 3 ve Tablo 4 incelendiğinde ulusal olan değerler ile ulusal olmayan emisyon faktörleri arasındaki önemli farklar dikkat çekmektedir. Bu durum yapacağımız emisyon hesaplamalarında ne kadar büyük farklılıkların ortaya çıkacağına dikkat çekmektedir.

Tablo 5’de ise ulusal değerleri olmayan ülkeler için sığır dışında kalan hayvanların emisyon faktörü değerleri verilmektedir. Türkiye’de bu hayvan türlerine ait emisyon faktör değerleri olmadığı için IPCC tarafında önerilen Çizelge 5.4’de verilen değerler kullanılmaktadır.

Tablo 5. Seviye 1 Yöntemi İçin Enterik Fermantasyon Emisyon Faktörleri (kg CH₄ hayvan⁻¹ yıl⁻¹) (IPCC, 2006)*

Hayvan	Gelişmiş Ülkeler	Gelişmekte Olan Ülkeler	Canlı Kilo
Manda	55	55	300 kg
Koyunlar	8	5	65 kg – gelişmiş ülkeler; 45 kg – gelişmekte olan ülkeler
Keçiler	5	5	40 kg
Develer	46	46	570 kg
Atlar	18	18	550 kg
Katır ve Eşekler	10	10	245 kg
Geyikler	20	20	120 kg
Alpakalar	8	8	65 kg

*IPCC 2006 verileri kullanılarak yazar tarafından düzenlenmiştir.

Adım 3: Adım 1 ve Adım 2’den elde edilecek alt grup emisyon faktörlerini alt grup popülasyonları ile çarparak alt grup emisyonunu hesaplanacak ve tüm alt grupların toplamı alınarak toplam emisyonu hesaplanmış olacaktır. Bu hesaplama için eşitlik 2 formülünden yararlanılmalıdır.

Eşitlik 2

Emisyon Miktarı
Emisyon= A x EF

Burada;

Emisyon = Emisyonlar

A= Emisyon kaynağına ilişkin aktivite verileri

EF = Belirli bir gaz ve kaynak kategorisi için emisyon faktörü

Örnek 2: Bir çiftlikte yıllık 100 adet süt ineği ve 500 adet koyun olduğu bilinmektedir. Bu çiftliğin enterik fermantasyondan kaynaklanan sera gazı salım değerleri ne olur? (İneklerin süt verimi hayvan başına 2 ton/yıl, koyunların ağırlığı ise 50 kg'dır.)

Bu hesabı 2 şekilde gerçekleştirebiliriz.

Seviye 1 yöntemi ile;

Süt ineği için; $100 \times 90 = 9000 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ (Çizelge 4.2'den emisyon faktörü değeri $90 \text{ kg CH}_4 \text{ adet}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ alınmıştır. Süt verimi olan 2 ton için üst salım değeri alınmıştır.)

Koyun için; $500 \times 5 = 2500 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ (Ağırlığı 50 kg olan ve gelişmekte olan ülke statüsünden dolayı) Çizelge 4.4'den emisyon faktörü değeri $5 \text{ kg CH}_4 \text{ adet}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ alınmıştır.)

Bu çiftlikte enterik fermantasyon sonucu açığa çıkan toplam metan; $9000 + 2500 = 11500 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ olarak hesaplanmaktadır.

Seviye 2 yöntemi ile;

Süt ineği için; $100 \times 82.1 = 8210 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ (Çizelge 4.3'den Ulusal değer olan emisyon faktörü $82,1 \text{ kg CH}_4 \text{ adet}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ alınmıştır)

Koyun için; $500 \times 5 = 2500 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ (Ağırlığı 50 kg olan ve gelişmekte olan ülke statüsünden dolayı) Çizelge 4.4'den emisyon faktörü değeri $5 \text{ kg CH}_4 \text{ adet}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ alınmıştır.)

Bu çiftlikte enterik fermantasyon sonucu açığa çıkan toplam metan; $8210 + 2500 = 10620 \text{ kg CH}_4 \text{ Yıl}^{-1}$ olarak tahmin edilmektedir.

Yukarıda yer alan örnekte görüldüğü üzere Seviye 1 ve Seviye 2'de yapılan hesaplamalarda farklılıklar olabilmektedir. Ülke genelinde tüm sütçü sığır popülasyonu düşünüldüğünde metan emisyon tahminlerinde daha büyük farkların ortaya çıkacağı aşikardır. Bu nedenle ulusal düzeyde emisyon faktörlerinin belirlenmesi tahminlerde doğruya en yakın sonuçlar için önemlidir.

Sonuç ve Değerlendirme

Türkiye'nin sahip olduğu tarımsal ekosistemlerin iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmekte olduğunu söylemek mümkündür. Bu durumun Türkiye açısından ciddi ekolojik, sosyal ve ekonomik etkilerinin olması kaçınılmazdır (Aydın ve Aktuz, 2023). Tarım, iklim değişikliğinden olumsuz anlamda en çok etkilenecek sektör olması sebebiyle iklim değişikliğine uyum sağlanması gereken sektörlerin başında gelmektedir. Ancak bunun yanı sıra enerji sektöründen sonra sera gazı emisyonları ile iklim değişikliğine sebep olan ikinci sektör konumundadır. İlave olarak Türkiye'de gıdaya olan talep her geçen yıl Dünyada olduğu gibi katlanarak artmaktadır. Bu durum önümüzdeki dönemlerde hem sera gazı emisyonlardaki artışların hem de gıda arzında yaşanacak problemlerin olacağına sinyal vermektedir.

Günümüzde küresel boyutta gıda güvenliği üzerindeki etkileri net bir şekilde gözlenen iklim değişikliğiyle mücadele için öncelikli adım küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının azaltılmasıdır.

Tarım, ulusal sera gazı envanterinde genel olarak çiftlik hayvanları, hayvansal gübre yönetimi ve kimyasal gübre kullanımından kaynaklanan salımların hesaplandığı bir sektördür. Türkiye’de tarım sektöründen kaynaklı emisyonların % 97,4’lük önemli kısmı daha önce sayısal olarak da verilen enterik fermantasyon, tarım toprakları, hayvansal gübre yönetimi alt faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Geri kalan % 2,6’lık kısım ise sırasıyla üre uygulamaları, pirinç üretimi ve anız yakımı faaliyetleri ile oluşmaktadır.

Türkiye tarım sektörü emisyonları artış eğilimindedir. Tarım sektörü özelinde enterik fermantasyon ve hayvansal gübre yönetimi konularında yapılacak planlamalar ve azaltım stratejileri ile gıda güvenliği gözetilerek sera gazı emisyonlarında azaltım sağlanabilecektir.

Tarım sektöründe sera gazı emisyonlarının azaltacak faaliyetler; Enterik fermantasyon emisyonları için rasyonda yapılacak iyileştirmeler, hayvansal gübre yönetimi için merkezi tip biyogaz tesislerinin kurulması, tarım topraklarının kullanımından kaynaklı emisyonlar için kimyasal gübre uygulama oranlarının etkinliğinin artırılması ile verim hedeflerine göre ayarlanması ve münavebe gibi uygulamalar söylenebilir. Tarım sektöründe bu uygulamaların hayata geçirilmesi orta ve uzun vadede yatırım ihtiyacının giderilmesine bağlıdır.

Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik yapılacak faaliyetlerin nasıl bir etki oluşturabileceğini anlamak için IPCC metotlarına uygun ve Ülke değerlerini yansıtan veriler ile emisyon tahminlerinin yapılması en önemli unsur olacaktır. Tarım sektöründe sera gazı emisyonlarına sebep olan alt faaliyetler incelendiğinde, yalnızca sığırlarda enterik fermantasyondan kaynaklı faaliyetlere ait ulusal değerlerin olduğu görülmektedir. Buna rağmen ulusal envantere, enterik fermantasyon, gübre yönetimi ve tarım topraklarından kaynaklı emisyonlar anahtar kategori içerisinde yer almakta ve IPCC bu anahtar kategorilerin seviye 2 yani ulusal değerler ile hesap yapılması önermektedir.

Sonuç olarak; tarım sektöründe ülke gerçeklerini yansıtan ve doğruya en yakın sonuçların elde edilmesi adına sığırlar için daha detaylı, sığırlar dışında ruminant hayvanlarda (koyun, keçi, manda vs.) enterik fermantasyon sonucu açığa çıkan sera gazının hesaplanabileceği ulusal emisyon faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca diğer önemli anahtar kategori içerisinde yer alan gübre yönetimi ve toprak yönetiminden kaynaklı sera gazı emisyonlarında da ulusal düzeyde emisyon faktörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konularda ulusal değerlerin ortaya çıkarılması için yapılacak çalışmalar, Türkiye adına özellikle emisyon azaltımı ve karbon tarımı için gelecek dönemlerde önemli faydalar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Avrupa Çevre Ajansı (2017). Reduction of greenhouse gas emissions. Alıntılanma adresi: <https://www.eea.europa.eu/tr/themes/climate/intro> (19.09.2016).
- Aydın, A. & Aktuz, N.C. (2023). “Sürdürülebilir Tarım için İklim Değişikliğine Ekosistem Tabanlı Uyum Faaliyetleri”. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi, 2 (3), 132-157.
- Bayraç, H.N., & Doğan, E. (2016). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkiler. Eskişehir Üniversitesi İİBF Dergisi, 11 (1), 23- 48.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan, 4(88788)-032-4.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Alıntılanma adresi: <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (01.06.2022).
- IPCC (2007). “Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” In Climate Change 2007: Synthesis Report, edited by IPCC Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, and Andy Reisinger. Geneva: IPCC.

IPCC (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change AR5-Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press.

Serengil, Y. (2018). İklim Değişikliği ve Karbon Yönetimi, 9, 88-93, Ankara.

UNFCCC (BMİDÇS) (2022). National Inventory Submission. Alıntılama adresi:
<https://unfccc.int/ghginventories-annex-i-parties/2022> (01.06.2022).